



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

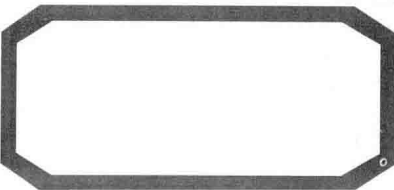
运筹学

第四版

刁在筠 刘桂真 编著
戎晓霞 王光辉

高等教育出版社

面向 2
Textbook



世纪教材
Century

运筹学

Y u n c h o u x u e

第四版

刁在筠 刘桂真 编著
戎晓霞 王光辉

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,在第三版的基础上修订完善而成,主要内容有线性规划、整数线性规划、非线性规划、动态规划、图与网络分析、网络计划技术、排队论、决策分析、对策论等。

第四版继续保持了前三版的厚理论、宽口径、理论联系实际的特点和精炼、严谨的风格,第三版的绪论精炼为运筹学简介,作为引言,并结合当前的研究热点——复杂网络及大数据分析,在“图与网络分析”中增加了“复杂网络简介”,在“对策论”中增加了“网络对策”。此外对部分章节的内容和习题根据需要进行了增删或修改。习题分为(A),(B)两部分,难度有所差异,可供读者选择。教材配套的数字课程包含各章相关的应用实例和程序。

本书可作为数学与应用数学、信息与计算科学、金融数学等专业的运筹学课程教材,也可作为管理、系统工程等专业的专业课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学/刁在筠等编著.--4版.--北京:高等教育出版社,2016.7

ISBN 978-7-04-045487-1

I. ①运… II. ①刁… III. ①运筹学-高等学校-教材 IV. ①O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 102075 号

策划编辑 张彦云 责任编辑 张彦云 封面设计 张楠 版式设计 王艳红
插图绘制 黄建英 责任校对 杨凤玲 责任印制 赵义民

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京市鑫霸印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	24.75	版 次	1996 年 4 月第 1 版
字 数	450 千字		2016 年 7 月第 4 版
购书热线	010-58581118	印 次	2016 年 7 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	38.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 45487-00

第四版前言

本书自1996年第一版出版发行以来,先后发行了第二、三版,经多所兄弟院校使用,获众多读者和同行专家的认同和好评,2000年荣获教育部科学技术进步奖二等奖,2002年列为“面向21世纪课程教材”,经专家评审本书还先后被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材和“十二五”本科国家级规划教材。山东大学采用本书所开设的运筹学课程先后被评为“全国理科基地创建名牌课程”,“国家精品课程”以及“中国大学资源共享课”。该课程的公开课教学录像已在爱课程、网易、新浪等网站上开放。

国内外形势的迅猛发展、新科技的大量涌现、运筹学本身的创新和发展,对高等院校的运筹学教学不断提出新的、更高的要求。为紧跟时代变化步伐,汲取国内外运筹学发展的新营养,我们在前三版的基础上,经过认真地讨论、研究、修改和完善,推出了第四版。

第四版继续保持了原书已形成的基本特点和风格:选材精炼、深入浅出;对各主要分支的基本理论、主要方法和原理有较为严谨的论述,兼有相当的广度与深度;适用读者面较为广泛,注重对读者思维的开拓与启迪;学习内容可根据需要适当增删而不削弱其系统性和各章节的协调性;加强了读者建模和运用计算机解决问题的能力训练;习题仍按不同练习目的分为(A)、(B)两部分。本次再版我们着重在几个方面做了补充及修改,内容有所增删:全书由原来的十章改为九章;增加了线性规划影子价格的经济意义的较为全面的叙述;增强了实用性广的运输问题的论述;新增了有关大型复杂网络优化及网络对策的内容;重新设置了某些案例和习题,以突出运筹学实际应用的广泛性;对于某些内容或者打上*号作为自学或选学部分,也可直接删去,使全书更加精炼,此外还更新了各章的参考文献,便于读者检索和上网查阅。

为了延伸课程内容,引导读者的学习兴趣,书末附有各章习题的参考答案或提示;登录书后的数字课程网站,可查阅书中各章的有关案例及求解它们的相关程序,供读者使用。

由于人才流动和身体健康等方面的诸多因素,本书各版作者有所变动。第一、二版的作者为刁在筠、郑汉鼎、刘家壮、刘桂真;第三版的作者为刁在筠、刘桂真、宿洁、马建华;第四版的作者为刁在筠、刘桂真、戎晓霞、王光辉。在本书的多

次编写、再版过程中,广大读者、兄弟院校的教师、运筹学界的专家们给予了极大的支持和帮助;教育部、山东大学教务处和数学学院的领导给予了热情的鼓励和资助;高等教育出版社的数任编辑耐心细致地编辑了本书先后四个版次,借此机会向他们表示我们最衷心的感谢。

本书如有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年12月

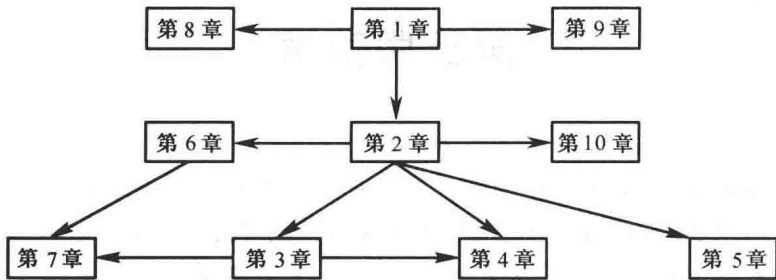
第三版前言

运筹帷幄之中,决胜千里之外。山东大学是国内最早开展运筹学研究的高校之一。早在 20 世纪 60 年代初期,毛主席来山东听过山东大学运筹学的汇报。山东大学被称为全国运筹学的发源地之一,培养了大量的运筹学人,2001 年被教育部批准为全国重点学科。高等教育出版社出版的《运筹学》是我们根据多年的工作经验和研究成果编写的授课教材,该教材被评为全国 100 本精品教材之一,2001 年在高等教育出版社作为“面向 21 世纪课程教材”出版。该教材 2000 年获教育部教材科技进步二等奖。全国多所学校都使用该教材,并给予一致好评。多年来我们一直在思考、研究、实践,并不断完善,如何改革提高“运筹学”课程的教学质量,如何通过此门课程的教学培养提高学生的理论分析、实践与创新能力,以达到培养高素质复合型人才的目标。为此,我们在课程体系优化、教学内容与方法的改革、教材建设、精品课程建设及教学课件开发等诸方面付出了多年的不懈努力。我校采用《运筹学》一书所开设的运筹学课程被列为“全国理科基地创建名牌课程”,2005 年运筹学课程又被评为“国家精品课程”。根据我们多年的教学实践,吸取了同行专家和兄弟院校的宝贵意见和建议,我们对第二版教材又进行了较大篇幅的修改。经专家评审,《运筹学(第三版)》列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是在前两版的基础上修改完善而成。第三版除尽力保持前两版的特点外,更加注意了思维的开拓与启迪,进一步阐明概念和方法的实际意义,提高了全书的系统性和各章内容的协调性,加强了对学生运用计算机解决实际问题能力的训练。主要修改内容为:有些章节内容根据需要进行了增删;有些章节按现代运筹学的要求重新编写;新增了有广泛应用的“网络计划技术”一章;将我们在教学中已运用多年的应用实例及相关程序经过补充完善提高后附书同时发行。每章后的习题分成了供复习消化课本内容的(A)部分,及供讨论和深入学习及运用教学软件上机操作的(B)部分。

讲授本书的基本内容需 72 学时。由于各章内容有相对的独立性,讲授者在使用本教材时可根据专业要求对内容作适当的增减,因此也可作为学时更多或更少的运筹学课程的教材。本书中带有“*”号的章节内容是供读者自学或选学的材料,可以略过不读,不影响后续章节内容的学习。为方便读者阅读,下面

的示意图给出了第三版各章内容的相关性。



现在多媒体教学已普及。因而与本书内容相配套的电子教案即将出版发行,将为教师的多媒体教学提供方便。

本书(第三版)的修改方案设计及组织工作以刁在筠、刘桂真为主,具体修改编写分工为:刁在筠(前言及第1,2,3,4章)、刘桂真(第6章)、宿洁(第8,9,10章及统稿)、马建华(第5,7章)(马建华为山东经济学院教师,其余均为山东大学教师),宿洁完成了在原有教学软件基础上的补充完善提高工作。即将出版发行的《运筹学电子教案》由吴建良(山东大学)和马建华共同完成。

在本书多次的编写修改过程中,运筹学界的专家们和众多兄弟院校的教师给予了我们极大支持和帮助;教育部、山东大学教务处和数学与系统科学学院的领导给予了我们热情的鼓励和资助;高等教育出版社的编辑耐心细致地编辑了本书先后三个版次,借此机会向他们表示我们衷心的感谢。

限于我们的水平,不妥与错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者
2006年9月

第二版序

运筹学是多种学科的综合学科,是最早形成的一门软科学。它把科学的方法、技术和工具应用到包括一个系统管理在内的各种问题上,以便为那些掌管系统的人们提供最佳的解决问题的办法。它用科学的方法研究与某一系统的最优管理有关的问题。它能帮助决策人解决那些可以用定量方法和有关理论来处理的问题。因此运筹学是一门有重要应用价值的学科,特别在现代科学管理中更是处处离不开运筹学。常言道“运筹帷幄,决胜千里”,足以看出运筹学之重要。运筹学研究的范围极为广泛,凡一切可以量化的管理系统都在研究范围内。它通过构造模型和进行模拟,了解有关因素之间的关系,预测各种供选择的方案和可以产生的后果,从而选择达到既定目标的最优途径。运筹学是一门应用性很强的学科,特别是随着社会主义市场经济的发展,运筹学显得更加重要。更为重要的还在于我国改革开放深入发展的今天,有许多新情况需要研究,有许多新问题需要决策,这就为更广泛地应用运筹学提供了机遇,并为其发展创造了条件。因此越来越多的有关专业的大学生和研究生选学了运筹学的课程。另一方面现代化的大规模生产更需要现代化的科学管理方法。这就使越来越多的管理人员感到需要学习运筹学的知识。因此出版关于运筹学方面的好教材就十分必要。于是全国高等学校数学与力学教学指导委员会在全国公开招标编写新的运筹学教材。山东大学数学与系统科学学院的几位教授通过竞标,编写了《运筹学》一书,并于1996年在高等教育出版社出版发行。首版发行近5000册,几乎遍布全国。经多所学校使用,效果好,受到广大师生的欢迎和同行专家的好评。该书不但选材精练,论述严谨,而且有相当的深度与广度;不但介绍了运筹学各分支的新成果,新进展,而且还介绍了有关的流行软件。该书于1997年被教育部评为“九五”重点教材,2000年获教育部科技进步二等奖,目前又被推荐为“面向21世纪课程教材”再版。

山东大学采用《运筹学》一书所开设的运筹学课程被列为“全国理科基地创建名牌课程”,并正在准备作为远程网络课程上网。该书编者根据几年来的教学实践对《运筹学》一书进行了修改,使论证更加严密,数学品位高,

应用性和可操作性强。在修改过程中特别注意到使教材更具有先进性和系统性。希望该书的再版将对运筹学的教学和研究起到促进作用,特此序。

谢力同
2000年12月

第二版前言

本书自 1996 年出版发行以来,经山东大学和众多兄弟院校几经教学使用,反映良好,获广大师生和同行专家的认同和好评。本书 1997 年被教育部评为“九五”重点教材,2000 年获教育部科学技术进步二等奖,现在被推荐为“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的立项项目,再版发行。

多年来,我们按照邓小平同志提出的“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的要求,考虑到目前的学生将是 21 世纪建设祖国的栋梁之材,我们在采用本书作为教材的运筹学课程的改革与实践中,不断向兄弟院校学习取经,与同行专家切磋交流,在优化课程体系,改革教学方法和考核办法中做了一些工作,调动了学生学习的积极性和主动性,提高了教学质量。为了提高学生解决实际问题的能力,我们配合本书的有关章节,编制了一套教学软件。内容包括 LINDO 和 LINGO 软件包,及相配套的上机实习的应用练习题及考核题,还有自编的以 MATLAB 为基础的图论与网络优化、对策论等内容的教学软件。这使学生在学习书本上的基本理论和基本算法的同时,能在计算机上熟练地操作解决一些实际应用案例。大家感觉到运筹学是一门具有强烈应用背景的学科,这门课不再是纸上谈兵了。山东大学的运筹学课程被列为“国家理科基地创建名牌课程”项目。

根据我们的教学实践和经验,吸取了同行专家和兄弟院校的宝贵建议,再版之前,我们对全书进行了仔细认真的修改和润色。主要是在保持原书结构和风格的前提之下,更加注意了思维的开拓与启迪,内容和方法的实用性、先进性和系统性,习题搭配的合理性等,对目前流行的一些先进软件也作了简单介绍。

全国高等学校数学与力学教学指导委员会及应用数学指导组的专家和众多的运筹学界同行对本书的修改提了很多宝贵意见。本书得到教育部、山东大学教务处和数学与系统科学学院的关怀和资助。在本书出版和再版的过程中得到高等教育出版社的责任编辑胡乃同同志的大力支持和帮助。借此机会向他们一并表示我们衷心的感谢。

限于我们的水平,不妥与错误之处在所难免,殷切希望得到本书的各位读者及同行专家的批评指正。我们很愿意为兄弟院校提供交流相关的教学软件,以期共同提高。

编者

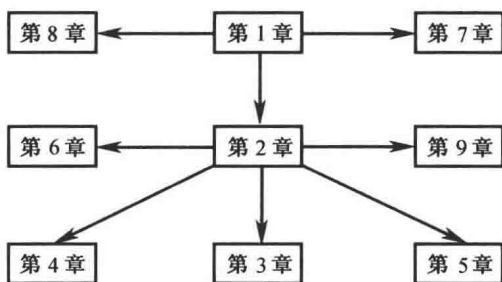
2000年12月16日

第一版前言

本书是根据国家教委全国高等学校数学与力学教学指导委员会应用数学专业教材建设组所拟“运筹学”基本要求编写的。本书主要针对大学本科应用数学专业的特点及要求,同时兼顾了管理、系统工程等专业的要求,论述了运筹学各主要分支的模型、基本概念与理论、主要算法和应用。它可以作为这些专业“运筹学”课程的教材,也可以作为相关专业研究生的教材,还可供从事运筹学、管理科学的工作者和工程技术人员作参考书。

本书的特点是:选材精炼;对各主要分支的基本理论和主要方法的原理给出了较为严密的论述;内容上有所侧重和更新,体现了现代运筹学的一些特点。为使读者对本领域的情况有较为全面的了解,以便今后的发展和提高,本书简单提及了各主要分支的当前发展动向和新成果,并在相关章节介绍了主要算法适用于计算机的流行软件。在各章末尾附有内容适当、数量充分的习题和参考文献,在全书末尾附有供参考的习题答案。

全书共有9章,其中带“*”号的内容是供读者自学或选学的材料,可以略过不读,不影响后续章节内容的学习。讲授全书的基本内容需72学时。由于各章内容有相对的独立性,讲授者在使用本教材时可根据专业要求对内容作适当的增减,因此也可作为学时更多或更少的“运筹学”课程的教材。为方便读者阅读,下面的示意图给出了各章内容的相关性。



本书由刁在筠(第2,3,4章)、郑汉鼎(第5,7,9章)、刘家壮(第1,6章)、刘桂真(第8章)编写,并由郑汉鼎完成全书书稿的统稿工作。在编写过程中,应用数学专业教材建设组运筹学责任委员胡毓达教授、俞文虬教授、王荫清教授给予了我们热情的帮助和指导;复旦大学陈开明教授、华东师范大学郑英元教授认真、仔细地审阅了全文,并提出了宝贵的修改意见;全国高校应用数学专业教材建设组的各位专家及众多运筹学界的同志们对书稿的内容提出了很多好的和积极的建议;高等教育出版社的责任编辑胡乃同对全部手稿完成了繁重、细致的编辑、排版工作;山东大学运筹学专业的数位研究生仔细地抄写了全文。在此,我们一并表示深切的谢意。

由于水平有限,书中难免有不足之处,恳切希望得到运筹学界同志及读者的批评和指正。

编 者

1993年11月完成初稿

1995年8月完成修改稿

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

防伪客服电话

(010)58582300

与本书配套的数字课程资源使用说明

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/>，点击“注册”，在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”，正确输入教材封底防伪标签上的20位密码，点击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

密码自登录之日起一年内有效，过期作废。

如有账号问题，请发邮件至：zhanggy2@hep.com.cn。

目 录

运筹学简介	1	§ 1.6 灵敏度分析	55
第 1 章 线性规划	5	1. 改变价值向量 c	56
§ 1.1 线性规划问题	5	2. 改变右端向量 b	59
1. 线性规划问题举例	5	* § 1.7 参数线性规划	60
2. 线性规划模型	8	1. 目标函数含参数的线性规划问题	61
§ 1.2 可行区域与基本可行解	10	2. 右端向量含参数的线性规划问题	64
1. 图解法	10	* § 1.8 算法复杂性及解线性规划问题的进一步研究	68
2. 可行区域的几何结构	12	1. 算法的复杂性	68
3. 基本可行解及线性规划的基本定理	14	2. 解线性规划问题的进一步研究	70
§ 1.3 单纯形方法	19	第 1 章习题	72
1. 单纯形方法	19	参考文献	82
2. 单纯形表	25	第 2 章 整数线性规划	84
§ 1.4 初始解	33	§ 2.1 整数线性规划问题	84
1. 两阶段法	33	1. 整数线性规划问题举例	84
2. 关于单纯形方法的几点说明	39	2. 解整数线性规划问题的困难性	87
§ 1.5 对偶性及对偶单纯形法	40	§ 2.2 Gomory 割平面法	88
1. 对偶线性规划	41	1. Gomory 割平面法的基本思想	88
2. 对偶理论	44	2. Gomory 割平面法计算步骤	91
3. 原始和对偶问题的解及其经济意义	48	§ 2.3 分枝定界法	95
4. 对偶单纯形法	52		

1. 分枝定界法的基本思想	96	4. 一般多阶段决策问题	161
2. 分枝定界法的计算步骤	97	§ 4.2 最优化原理	163
第 2 章习题	101	1. 用递推法解最短路问题	163
参考文献	103	2. 最优化原理	166
第 3 章 非线性规划	105	§ 4.3 确定性的定期多阶段 决策问题	168
§ 3.1 基本概念	105	1. 旅行售货员问题	169
1. 非线性规划问题	105	2. 多阶段资源分配问题	171
2. 非线性规划方法概述	109	3. 可靠性问题	174
§ 3.2 凸函数和凸规划	111	§ 4.4 确定性的不定期多阶段 决策问题	177
1. 凸函数及其性质	111	1. 最优线路问题	177
2. 凸规划及其性质	115	2. 有限资源分配问题	182
§ 3.3 一维搜索方法	117	第 4 章习题	186
1. 0.618 法(近似黄金分 割法)	118	参考文献	188
2. Newton 法	121	第 5 章 图与网络分析	190
§ 3.4 无约束最优化方法	123	§ 5.1 图与子图	190
1. 无约束问题的最优性条件	123	1. 图与网络	190
2. 最速下降法	125	2. 图的关联矩阵和邻接矩阵	193
3. 共轭方向法	127	3. 子图	195
§ 3.5 约束最优化方法	133	§ 5.2 图的连通性	197
1. 约束最优化问题的最优性 条件	133	1. 图的连通	198
2. 简约梯度法	138	2. 图的割集	200
3. 惩罚函数法	146	§ 5.3 树与支撑树	202
第 3 章习题	152	1. 树及其基本性质	202
参考文献	157	2. 支撑树及其基本性质	204
第 4 章 动态规划	159	§ 5.4 最小树问题	205
§ 4.1 多阶段决策问题	159	1. 最小树及其性质	206
1. 最短路问题	159	2. 求最小树的 Kruskal 算法	208
2. 资源分配问题	160	3. Dijkstra 算法	209
3. 生产-库存问题	160	§ 5.5 最短有向路问题	210

1. 最短有向路方程	211	第 6 章习题	262
2. 求最短有向路的 Dijkstra 算法	212	参考文献	265
§ 5.6 最大流问题	214	第 7 章 排队论	266
1. 最大流最小割定理	214	§ 7.1 随机服务系统概论	266
2. 最大流算法	217	1. 随机服务系统的基本组成 部分	266
§ 5.7 最小费用流问题	219	2. 几个常用的概率分布和最 简单流	267
1. 最小费用流算法	219	§ 7.2 无限源的排队系统	271
2. 特殊的最小费用流——运输 问题	225	1. M/M/1/∞ 系统	271
§ 5.8 最大对集问题	229	2. M/M/1/k 系统	276
1. 二分图的对集	229	3. M/M/c/∞ 系统	280
2. 二分图的最大基数对集	233	4. 排队系统费用优化决策	283
3. 二分网络的最大权对集—— 分派问题	235	* § 7.3 有限源排队系统	285
* § 5.9 复杂网络简介	237	1. M/M/c/m/m 系统	285
1. 复杂网络基本模型	238	2. M/M/c/m+N/m 系统	287
2. 几个常用的网络统计量	239	第 7 章习题	289
第 5 章习题	241	参考文献	292
参考文献	244	第 8 章 决策分析	293
第 6 章 网络计划技术	247	§ 8.1 决策分析的基本概念	293
§ 6.1 网络计划图	247	1. 决策分析的基本概念	293
1. 基本术语	248	2. 决策的数学模型	294
2. 箭线图的绘制方法	248	§ 8.2 风险型决策分析	295
3. 节点图	252	1. 进行风险型决策分析的基本 条件和方法	295
§ 6.2 时间参数与关键路线	252	2. 决策树	298
1. 工作持续时间	253	§ 8.3 不确定型决策分析	301
2. 节点时间	254	1. 不确定型决策分析的条件	302
3. 工作时间	255	2. 不确定型决策分析的基本 方法	302
4. 关键路线	256	§ 8.4 效用函数和信息的	
§ 6.3 网络计划的优化	256		